

# EN UBEMÆRKET KRAFT

## VI VILLE SAVNE DEN, HVIS DEN FORSVANDT

I 2020 fik den internationale rumstation ISS et nyt toilet, som kostede omkring 150 millioner kroner. Den høje pris skyldtes blandt andet en avanceret støvsuger i bunden af toiletkummen. Uden støvsugeren ville astronauternes efterladenskaber svæve forstyrrende rundt mellem computere, måleinstrumenter og andre dingener, omkring 400 km over jordens overflade.

På rumstationen mærker astronauterne og deres efterladenskaber nemlig ikke den tyngdekraft, der hver dag påvirker alle os, der er knap så højtflyvende med benene fast plantet her på jorden. Vi bemærker den ikke til daglig, fordi vi er så vant til den. Den store kugle, vi kalder jorden, trækker helt 'automatisk' alle ting nedad, ind mod sin kerne med et konstant, ubønhørligt træk. Det sikrer, at vi, vores kaffekop, badebold og børnebørn ikke bare letter og langsomt svæver ud i det ydre rum. Selv om vi ikke bemærker tyngdekraften, er den her altså hele tiden.

Den er der, når vi tager vores første skridt og falder. Den er der, når vi første gang hopper - lidt op, og så hurtigt ned igen. Vi mærker den, når vi leger på legepladsens gynger, vipper og rutsjebaner. Vi kæmper

mod den en varm sommermorgen på cykelturen op ad bakke til arbejde, og vi glæder os over dens hjælp, når vi senere på dagen cykler hjem og kan trille ned ad bakken uden besvær.

Vi har lært at overvinde tyngdekraften, hvor vi finder den mest ubelejlig. De fleste af os flyver jævnlige til fjerne destinationer, selv om vi mennesker ligesom brumbassen jo slet ikke kan. Vi formår også at udnytte tyngdekraften til egen fordel. I vandkraftværker fosser kubikmeter efter kubikmeter af vand ned igennem turbiner og genererer grøn strøm. Også for vindenergi spiller tyngdekraften en væsentlig, men måske lidt overraskende, rolle.

Luft har forskellig massefylde afhængigt af dens temperatur. Det betyder, at den samme volumen luft – en kubikmeter for eksempel – vejer noget forskelligt ved forskellige temperaturer. Derfor påvirkes luften forskelligt, når den er henholdsvis varm og kold.

## **FULD AF VARM LUFT**

Tyngdekraften trækker mere i den tungere og derved koldere luft. Det er grunden til, at varm luft stiger opad, og det er et fænomen, jeg nogle gange observerer lidt for godt i mine forældres sommerhus i Thy. Huset er opvarmet af en enkelt varmepumpe i stueetagen, og når den kører for fuld udblæsning om vinteren, bliver der nærmest ulideligt varmt på førstesalen, mens stueetagen stadig er tænderklaprende kold.

På samme måde er det forskelle i luftens temperatur, der skaber vind. Det nyder strandgæster godt

af på de allervarmeste solskinsdage. Solen opvarmer strandsandet, som igen opvarmer den overhængende luft. Den varme luft stiger til vejrs og giver plads til, at den koldere havluft kan trække ind over strandgæsterne som en kølig brise. Og trækker vinden videre ind over vindmøller, får vi grøn strøm ud af det.

Også vand har forskellig massefylde afhængigt af dets temperatur, og jordens tyngdefelt trækker derfor forskelligt i koldt og varmt vand. Det er dermed tyngdekraften, der skaber de store havstrømme. Tidevandet skyldes ligeledes tyngdekraften, men denne gang er det tyngdepåvirkningen fra andre himmellegemer, der er på spil. Det er primært solen og månen, som trækker i jordens havvand, så det for en kort bemærkning strækker sig ud mod det ydre rum forskellige steder på kloden.

Luften indeholder altid en del vandmolekyler, der ligesom resten af luftens bestanddele påvirkes af tyngdekraften. Vandmolekylerne holdes oppe i luften af påvirkningen fra andre molekyler, så først når vandmolekylerne klumper sig sammen i tilstrækkeligt store dråber af vand, vil de ikke længere kunne modstå trækket fra jordens tyngdefelt. Så falder skyerne bogstaveligt talt ned i hovedet på os.

Så når jeg cykler op ad bakke på vej hjem fra arbejde, og en regnbyge blæser ind med kold og våd modvind i mit ansigt, kan jeg ikke lade hver med at smile, fordi jeg ved, at tyngdekraften er på spil på hele tre forskellige måder. Det hjælper selvfølgelig også lidt på humøret, dér ved foden af bakken, at jeg har

en elcykel, så jeg kan nå nogenlunde tørskoet hjem. Men der er faktisk situationer, hvor tyngdekraften ikke trækker os ned til jordens overflade.

## **I LØS VÆGT**

Som barn boede jeg nogle år i USA, hvor min familie og jeg ofte tog på mindre roadtrips. En weekend tog vi ind til nationalparken Zion i den varme ørkenstat Utah. Zion er især kendt for sin vandrerute *Angels Landing*, som er stejl og har lodrette fald på flere hundrede meter på begge sider af en smal sti.

Under turen formanede min mor mine søskende og mig om, at faldt vi ned der, ville vi falde i så lang tid, at vi ville nå at tænke over, hvad der skete, inden vi ramte jorden og blev slået ihjel. Jeg var temmelig rædselsslagen. Ser vi bort fra, hvordan sådan et fald ville ende, er situationen imidlertid interessant i forhold til tyngdekraften. Hvis jeg skvattede ud over kanten, ville jeg være i vægtløs tilstand. Dét er mennesker og alt andet nemlig, når vi falder frit i et tyngdefelt såsom jordens. Det har de fleste prøvet i korte øjeblikke, hvis vi for eksempel springer ud fra tremetervippet eller hopper op og ned på en trampolin.

Når mennesker er i vægtløs tilstand, mærker vi ikke tyngdekraften. Det kan være en svær situation at navigere i, blandt andet fordi vores fornemmelse for op og ned i høj grad stammer fra tyngdekraftens påvirkning af vores hjerner.

Inden Andreas Mogensen i 2015 blev den første dansker i rummet med en 10 dage lang mission på

ISS, måtte han således træne intensivt til missionen i en Airbus A300. Flyvemaskinen lavede en serie af såkaldte parabolflyvninger, hvor den skiftevis fløj opad og dykkede nedad. Selve dykket er et frit fald mod jorden, hvor flyet kun påvirkes af tyngdekraften mellem den selv og jorden. Astronauterne inde i maskinen oplever i op til 22 sekunder ad gangen derfor det samme, som jeg ville have oplevet, hvis jeg var faldet ud over skrænten i Zion. V æ g t l ø s h e d .

På ISS er der stadig en tyngdekraftspåvirkning fra jorden, om end kun 90 % af den påvirkning, vi mærker, når vi vandrer i en nationalpark i Utah. Tyngdekraften imellem to legemer, såsom jorden og et menneske, bliver med andre ord mindre, jo længere de er fra hinanden. Selv om der således er en tyngdekraftspåvirkning fra jorden på ISS, befinder astronauterne sig alligevel i vægtløs tilstand. Det gør de, fordi rumstationen konstant er i frit fald i jordens tyngdefelt, på samme måde som jordens bane omkring solen skyldes, at den er i frit fald i solens tyngdefelt.

Det lyder måske lidt underligt. Hvis rumstationen er i frit fald, hvorfor falder den så ikke ned? Hvis jeg stiller mig op i toppen af Rundetårn og kaster en bold vandret ud i luften, vil bolden bevæge sig nedad, fordi tyngdekraften trækker i den. Men der vil gå lidt tid, før bolden når jorden. Jo hurtigere bolden bevæger sig i vandret retning, når jeg slipper den, desto længere når den væk fra tårnet, inden den rammer jorden.

Samtidig krummer jordens overflade, da jorden som bekendt er rund. Så hvis jeg giver bolden tilpas

stor fart på, når den at 'falde' hele vejen rundt om kloden og ramme mig i nakken. På samme måde kan en planet, satellit eller rumstation være i kredsløb omkring en stjerne eller planet ved simpelthen at 'falde' hurtigt nok rundt om objektet.

## **KRÆFTER, DER KVALMER**

Ligesom de fleste af os har været vægtløse i korte øjeblikke, har mange også oplevet, hvordan øget tyngdekraft føles. Det sker for eksempel i Bakkens forlystelse Kaffekopperne, hvor den roterende bevægelse giver os en følelse af en kraft, som trækker os udad mod koppernes ryglæn. Og muligvis en let kvalme. Da kopperne trækker os udad og ikke nedad, tænker vi måske ikke over, at trækket svarer til en tyngdekraft. At det imidlertid er tilfældet, illustreres smukt i science fiction-dramaet *Interstellar* fra 2014, hvor menneskeheden transporteres gennem universet i et rumskib udformet som en roterende cylinder.

Rotationen har en fart, der får beboerne til at mærke et træk, der svarer til den tyngdekraft, vi er vant til på jorden. Derfor kan menneskene i filmen gå, hoppe og spille baseball på indersiden af cylinderen, præcis som hvis de stadig befandt sig på vores solsystems blå planet og ikke var på vej gennem det ydre rum.

Det er ikke kun rotationer, der får os til at føle en 'tyngdekraft', men enhver accelereret bevægelse. For eksempel presser det os tilbage i bilsædet, hvis chaufføren trykker lige lovlig hårdt på speederen. I jagerfly kan sådan en falsk tyngdekraft påvirke piloterne med